PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-340573
(43)Date of publication of application : 10.12.1999

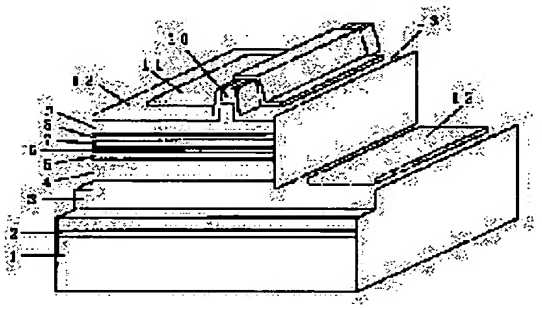
(51)Int.CI. H01S 3/18
H01L 33/00

(21)Application number : 10-146786
(22)Date of filing : 28.05.1998

(71)Applicant : SHARP CORP
(72)Inventor : OKUMURA TOSHIYUKI

(54) GALLIUM NITRIDE BASED SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser element, having a good laser ocsillation characteristic which is capable of being used as a light source of an optical disc system.
SOLUTION: In a gallium nitride based semiconductor laser element having an activated layer 6, comprising a semiconductor nitride formed between at least clad layers 4 and 9, and/or guide layers 5 and 8, on a substrate 1, a length in a direction of a laser resonator of an ohmic electrode 11 which supplies current to the activated layer, is shorter than the length of the laser resonator.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.04.2004
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開平11－340573

(43)公開日　平成11年(1999)12月10日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	ＦＩ	
Ｈ０１Ｓ　3/18		Ｈ０１Ｓ　3/18	
Ｈ０１Ｌ　33/00		Ｈ０１Ｌ　33/00	Ｃ

審査請求　未請求　請求項の数８　ＯＬ　（全 10 頁）

(21)出願番号　特願平10－146786

(22)出願日　平成10年(1998)５月28日

(71)出願人　000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者　奥村　敏之
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号　シャープ株式会社内

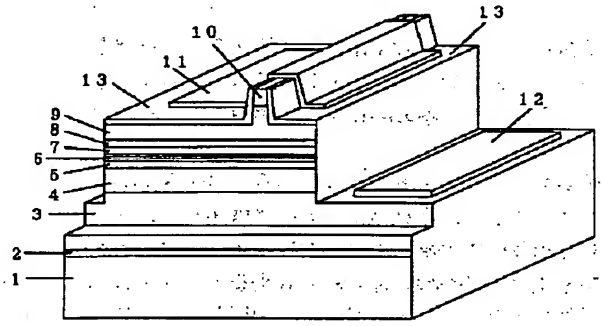
(74)代理人　弁理士　小池　隆彌

(54)【発明の名称】　窒化ガリウム系半導体レーザ素子

(57)【要約】

【課題】　窒化ガリウム系半導体レーザ素子において、光ディスクシステムの光源としての使用が可能な、良好なレーザ発振特性を有する半導体レーザ素子を提供する。

【解決手段】　窒化ガリウム系半導体レーザ素子は、基板上に、窒化物半導体からなる少なくともクラッド層及び／またはガイド層に挟まれた窒化物半導体よりなる活性層を備えた窒化ガリウム系半導体レーザ素子において、前記活性層に電流を供給するオーミック電極のレーザ共振器方向の長さが、レーザ共振器の長さよりも短いことを特徴とする。



BEST AVAILABLE COPY

1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　基板上に、窒化物半導体からなる少なくともクラッド層及び／またはガイド層に挟まれた窒化物半導体よりなる活性層を備えた窒化ガリウム系半導体レーザ素子において、前記活性層に電流を供給するオーミック電極のレーザ共振器方向の長さが、レーザ共振器の長さよりも短いことを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項２】　前記オーミック電極のレーザ共振器方向の長さと前記レーザ共振器の長さとの差が１μｍ以上１００μｍ以下であることを特徴とする請求項１に記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項３】　前記オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが１００μｍ以上５００μｍ以下であることを特徴とする請求項１又は２に記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項４】　前記オーミック電極はｐ側電極であることを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項５】　前記活性層が、単一量子井戸層からなることを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項６】　前記活性層が、量子井戸層と障壁層とを交互に積層してなる量子井戸構造活性層からなり、量子井戸層の層数が２以上４以下であることを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項７】　前記活性層を形成する量子井戸層の厚さが、１０ｎｍ以下であることを特徴とする請求項５又は６に記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項８】　前記活性層を形成する障壁層の厚さが、１０ｎｍ以下であることを特徴とする請求項６又は７に記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディクスシステムの光源に用いられる窒化ガリウム系半導体レーザ素子に関する。

【０００２】

【従来の技術】紫外から緑色の波長領域での発光波長を有する半導体レーザ素子（ＬＤ）の半導体材料として、窒化ガリウム系半導体（ＧａＩｎＡｌＮ）が用いられている。この窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子は、例えば、特開平９－２１９５６０号公報に記載されており、その斜視図を図８に示す。図８において、２０１はサファイア基板、２０２はＧａＮバッファ層、２０３はｎ－ＧａＮコンタクト層、２０４はｎ－$In_{0.1}Ga_{0.9}N$層、２０５はｎ－$Al_{0.3}Ga_{0.7}N$クラッド層、２０６はｎ－ＧａＮガイド層、２０７は$In_{0.2}Ga_{0.8}N$量子井戸層と$In_{0.05}Ga_{0.95}N$障壁層とからなる多重量子井戸構造活性層、２０８はｐ－$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$層、２０９はｐ－ＧａＮガイド層、２１０はｐ－$Al_{0.3}Ga_{0.7}N$クラッド層、２１１はｐ－ＧａＮコンタクト層、２１２はｐ側電極、２１３はｎ側電極である。ここで、多重量子井戸構造活性層２０７は、２．５ｎｍ厚の$In_{0.2}Ga_{0.8}N$量子井戸層が１４層、５．０ｎｍ厚の$In_{0.05}Ga_{0.95}N$障壁層が１３層、の合計２７層で構成され、量子井戸層と障壁層が交互に形成されている。

2

【０００３】この従来例ではストライプ状のｐ側電極２１２とｎ側電極２１３とをウェハー上に形成した後、サファイア基板を劈開してレーザ共振器を作製しており、共振器の端面で各電極は切断されており、各電極の共振器方向の長さとレーザ共振器の長さは一致していた。

【０００４】一方、窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子を光ディスクシステムの光源として用いる場合、データの読み出し時における雑音によるデータの読み出しエラーを防止するために、一定電流を注入しても光出力が変調されている自励発振型の半導体レーザ素子が用いられており、このような半導体レーザ素子は特開平９－１９１１６０号公報に記載されており、その断面図を図９に示す。図９において、２２１はｎ－ＳｉＣ基板、２２２はｎ－ＡｌＮバッファ層、２２３はｎ－$Al_{0.15}Ga_{0.85}N$クラッド層、２２４は厚さ５０ｎｍの$In_{0.15}Ga_{0.85}N$活性層、２２５はｐ－$Al_{0.15}Ga_{0.85}N$第１ｐ型クラッド層、２２６はｐ－$In_{0.2}Ga_{0.8}N$可飽和吸収層、２２７はｎ－$Al_{0.25}Ga_{0.75}N$電流ブロック層、２２８はｐ－$Al_{0.15}Ga_{0.85}N$第２ｐ型クラッド層、２２９はｐ－ＧａＮキャップ層、２３０はｐ－ＧａＮコンタクト層、２３１はｐ側電極、２３２はｎ側電極ある。この従来例においては、活性層２２４で発生した光の一部が可飽和吸収層２２６で吸収されることによって可飽和吸収層２２６の吸収係数が変化し、それに伴って活性層２２４からのレーザ発振による発光強度が周期的に変化する。その結果、レーザからの出射光の干渉性が低下する。このように干渉性が低下した半導体レーザ素子を光ディスクシステムの光源として用いると、ディスクでの反射光が半導体レーザ素子に戻ってきても、レーザからの出射光と反射による戻り光が干渉を起こさないため雑音の発生が抑えられ、データの読み出しエラーを防止できる。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子は以下のような問題点があった。まず、可飽和吸収層を付加した自励発振型の半導体レーザ素子に関しては、この可飽和吸収層で活性層から発生する光が吸収されるため、レーザ共振器内部での光の損失が増大する。その結果、半導体レーザ素子の発振閾値電流が増大するとともに、発光効率が低下してしまうという問題があった。さらにこの

従来の自励発振型半導体レーザ素子では、活性層を挟むクラッド層の一方にのみ可飽和吸収層を付加しているか、あるいは、活性層を挟むガイド層の一方にのみ可飽和吸収層を付加しているため、レーザからの出射光の遠視野像が対称でなくなり、レンズを用いて出射光を集光する場合に、集光スポットサイズを十分に小さく出来ない、という問題も生じていた。

【０００６】一方、可飽和吸収層が付加されていない従来の窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子においては、従来の自励発振型半導体レーザ素子に見られるような発振閾値電流の増大、発光効率の低下、集光スポットサイズを小さく出来ないという問題は発生しないが、この半導体レーザ素子を光ディスクシステムの光源として用いると、自励発振しないためディスクからの戻り光によって雑音が発生し、データの読み出し時に読み出しエラーを生じていた。従って、可飽和吸収層が付加されていない従来の窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子は光ディスクシステム用の光源として実用に供することが出来ないという問題があった。

【０００７】本発明は以上のような事情に鑑みてなされたものであり、窒化ガリウム系半導体レーザ素子における課題を解決して、光ディスクシステムの光源としての使用が可能な、良好なレーザ発振特性を有する窒化ガリウム系半導体レーザ素子を提供することを目的とする。

【０００８】

【課題を解決するための手段】このような発明を見い出すにあたって、本発明者は従来素子における前記課題解決のために詳細に検討を行い、その結果、従来の自励発振型の半導体レーザ素子で用いられている可飽和吸収層を用いることなく、簡単な構成で自励発振型の半導体レーザ素子が得られることを見い出した。

【０００９】すなわち、本発明に係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子は、窒化物半導体からなる少なくともクラッド層及び／またはガイド層に挟まれた窒化物半導体よりなる活性層を備えた窒化ガリウム系半導体レーザ素子において、活性層に電流を供給するオーミック電極のレーザ共振器方向の長さが、レーザ共振器の長さよりも短いことを特徴とする。このようにオーミック電極のレーザ共振器方向の長さをレーザ共振器の長さよりも短くすることによって、レーザ共振器方向の一部の活性層に電流が注入されない領域が形成されることになる。この時に電流が注入されない領域においてもレーザ光が導波されることによって、電流が注入されない領域がレーザ光を吸収する可飽和吸収領域として働く。この可飽和吸収領域によって、窒化ガリウム系半導体レーザ素子は自励発振特性を有することができる。一方、従来の窒化ガリウム系半導体レーザで用いられていたようなレーザの共振器方向における活性層のすべての領域に電流を注入する場合には、可飽和吸収する領域が形成されておらず、自励発振特性は得られなかった。

【００１０】また、本発明のように窒化ガリウム系半導体材料ではなく、砒素化ガリウム系半導体材料（ＡｌＧａＡｓ）や燐化インジウム系半導体材料（ＩｎＧａＡｓＰ）を用いた場合には、電極の共振器方向の長さを共振器の長さより短くしたとしても注入された電流が半導体中で広がってしまい、すべての活性層の領域に電流が注入されてしまい、自励発振特性が得られなかった。一方、窒化ガリウム系半導体材料では、電気抵抗値が大きいことにより電流広がりがほとんど生じていないために、電極の形成していない領域の直下の半導体層には電流が注入されないことが判明し、本発明に至った。

【００１１】さらに、本発明の自励発振を実現する窒化物系半導体レーザ素子は、電極のレーザ共振器方向の長さが、レーザ共振器の長さに対して１μｍから１００μｍだけ短くすることにより得られた。この長さの違いが１μｍより短い場合には可飽和吸収領域となる活性層の影響が小さいため自励発振特性は得られない。また、この長さの違いが１００μｍより長くなると、可飽和吸収領域となる活性層の影響が大きくなり、半導体レーザ素子の光出力－電流特性にヒシテリシスが生じることによって光ディスクシステムには用いることができなくなる。

【００１２】本発明では、レーザ共振器方向の一部に形成された電流注入されない活性層においてレーザ光が吸収されることによる発振閾値電流密度の若干の増大を引き起こしているが、電流注入される共振器方向の長さを短くしているため発振閾値電流自体は増大することなく、良好なレーザ発振特性を有する窒化ガリウム系半導体レーザ素子を得ることができる。

【００１３】また、本発明の窒化物系化合物半導体レーザ素子がレーザ発振するように十分に大きなレーザ利得を得るためには、電流注入される活性層領域が適当な長さが必要であり、このためオーミック電極の長さが１００μｍ以上５００μｍ以下とすることが望ましい。１００μｍよりも小さい場合には十分に大きなレーザ利得が得られないため、半導体レーザ素子の発振閾値電流値は増大し、逆に５００μｍよりも大きいと、活性層に電流注入される領域が長くなるため発振閾値電流値が増大してしまう問題があった。

【００１４】さらに、レーザ共振器方向の長さがレーザ共振器の長さより短い電極は、ｐ側電極であることが好ましい。これは、ｐ型窒化物系化合物半導体はｎ型窒化物系化合物半導体に比べて電気抵抗が大きいため、より確実に注入された電流が窒化ガリウム系半導体中を広がることが防止でき、可飽和吸収領域をより確実に形成できるためである。また、ｐ側電極、ｎ側電極の両方ともにレーザ共振器の長さよりも短くしても構わない。

【００１５】また、本発明のような自励発振型の半導体レーザを得るためには、活性層内に存在する電子と正孔の密度が高速で変調される必要があるが、活性層として

用いられる窒化ガリウム系半導体材料は、電子・正孔ともにその有効質量が大きいことと多数の結晶欠陥が存在していることにより電子や正孔の移動度が大幅に低下している。従って、発光再結合によって電子・正孔が消滅しても、拡散により新たに電子と正孔が注入されず、電子と正孔の密度が変調されにくくなっている。そこで、本発明のように、窒化ガリウム系半導体レーザ素子の活性層を、単一量子井戸層、あるいは、量子井戸層と障壁層とを交互に積層してなる量子井戸構造活性層からなり量子井戸層の層数が２以上４以下である多重量子井戸構造で構成し、さらには、活性層を形成する量子井戸層の厚さを１０ｎｍ以下とすることにより、活性層全体で電子と正孔を拡散しやすくして、電子と正孔の密度が変調されやすくなった。この結果、安定して自励発振特性を有する窒化ガリウム系半導体レーザ素子が得られた。また、多重量子井戸構造で構成された活性層の場合、活性層を形成する障壁層の厚さが厚すぎると、電子と正孔が活性層の全体にわたって、均一に分布することが阻害されるために、電子と正孔とが再結合しにくくなってしまう。この結果、自励発振特性のレーザ特性が悪化してしまうことになるが、障壁層の厚さを１０ｎｍ以下とすれば正孔と電子とは活性層内で均一に分布することになり、良好な自励発振特性を有する窒化ガリウム系半導体レーザが得られた。

【００１６】

【発明の実施の形態】以下、具体例に従ってさらに詳細に説明する。

（第１の実施例）図１は本発明の第１の実施例に係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子を示す斜視図である。この図において、１はｃ面を表面として有するサファイア基板、２はＧａＮバッファ層、３はｎ－ＧａＮｎ型コンタクト層、４はｎ－$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ｎ型クラッド層、５はｎ－ＧａＮガイド層、６は２層の$In_{0.2}Ga_{0.8}N$量子井戸層と１層の$In_{0.05}Ga_{0.95}N$障壁層とからなる多重量子井戸構造活性層、７は$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$蒸発防止層、８はｐ－ＧａＮガイド層、９はｐ－$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ｐ型クラッド層、１０はｐ－ＧａＮｐ型コンタクト層、１１はｐ側電極、１２はｎ側電極、１３はSiO_2絶縁膜である。

【００１７】本実施例では、ｐ側電極１１のレーザ共振器方向の長さを３００μｍとし、レーザの共振器の長さを３３０μｍとすることによって、ＧａＮ系半導体においてオーミック電極形成された直下に対応する多重量子井戸構造活性層の領域にのみ電流が供給され、電極が形成されていない領域に対応する多重量子井戸構造活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するため、自励発振特性を有する窒化物系化合物半導体レーザ素子が得られた。

【００１８】本発明において、サファイア基板１の表面はａ面、ｒ面、ｍ面等の他の面方位であっても構わない。また、サファイア基板に限らずＧａＮ基板、ＳｉＣ基板、スピネル基板、ＭｇＯ基板、Ｓｉ基板、ＧａＡｓ基板も用いることが出来る。特にＧａＮ基板とＳｉＣ基板の場合はサファイア基板に比べて基板上に積層した窒化ガリウム系半導体材料との格子定数差が小さく良好な結晶性の膜が得られ、さらに劈開しやすいため、劈開によるレーザ共振器端面の形成が容易であるという利点がある。バッファ層２はその上に窒化ガリウム系半導体をエピタキシャル成長させることが出来るものであればＧａＮにこだわらず他の材料、例えばＡｌＮやＡｌＧａＮ３元混晶を用いてもよい。

【００１９】ｎ型クラッド層４及びｐ型クラッド層９は、$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$以外のＡｌ組成を持つＡｌＧａＮ３元混晶でもよい。この場合Ａｌ組成を大きくすると活性層とクラッド層とのエネルギーギャップ差及び屈折率差が大きくなり、キャリアや光が活性層に有効に閉じ込められてさらに発振閾値電流値の低減及び、温度特性の向上が図れる。またキャリアや光の閉じ込めが保持される程度でＡｌ組成を小さくしていくと、クラッド層におけるキャリアの移動度が大きくなるため、半導体レーザ素子の素子抵抗を小さくできる利点がある。さらにこれらのクラッド層は微量に他の元素を含んだ４元以上の混晶半導体でもよく、ｎ型クラッド層４とｐ型クラッド層９とで混晶の組成が同一でなくても構わない。

【００２０】ガイド層５、８は、そのエネルギーギャップが、多重量子井戸構造活性層６を構成する量子井戸層のエネルギーギャップとクラッド層４、９のエネルギーギャップの間の値を持つような材料であればＧａＮにこだわらず他の材料、例えばＩｎＧａＮ、ＡｌＧａＮ３元混晶やＩｎＧａＡｌＮ４元混晶等を用いてもよい。またガイド層全体にわたってドナー又はアクセプターをドーピングする必要はなく、多重量子井戸構造活性層６側の一部のみをノンドープとしてもよく、さらにはガイド層全体をノンドープとしてもよい。この場合、ガイド層に存在するキャリアが少なくなり、自由キャリアによる光の吸収が低減されて、さらに発振閾値電流が低減できるという利点がある。また、必ずしもガイド層を必要とする訳ではなく、ガイド層を有しないような窒化ガリウム系半導体レーザであっても半導体レーザ素子として機能する。

【００２１】多重量子井戸構造活性層６を構成する２層の$In_{0.2}Ga_{0.8}N$量子井戸層と１層の$In_{0.05}Ga_{0.95}N$障壁層は、必要なレーザ発振波長に応じてその組成を設定すればよく、発振波長を長くしたい場合は量子井戸層のＩｎ組成を大きくし、短くしたい場合は量子井戸層のＩｎ組成を小さくする。また量子井戸層と障壁層は、ＩｎＧａＮ３元混晶に微量に他の元素を含んだ４元以上の混晶半導体でもよい。さらに$In_{0.05}Ga_{0.95}N$障壁層は単にＧａＮを用いてもよい。

【００２２】また本実施例では、多重量子井戸構造活性

層６に接するように$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$蒸発防止層７を形成しているが、これは量子井戸層が成長温度を上昇している間に蒸発してしまうことを防ぐためである。従って、量子井戸層を保護するものであれば蒸発防止層７として用いることができ、他のＡｌ組成を有するＡｌＧａＮ３元混晶やＧａＮを用いてもよい。また、この蒸発防止層７にＭｇをドーピングしてもよく、この場合はｐ－ＧａＮガイド層８やｐ－$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ｐ型クラッド層９から正孔が注入され易くなるという利点がある。さらに、量子井戸層のＩｎ組成が小さい場合は蒸発防止層７を形成しなくても量子井戸層は蒸発しないため、特に蒸発防止層７を形成しなくても、本実施例の窒化ガリウム系半導体レーザ素子の特性は損なわれない。

【００２３】次に、図１～図３を参照して上記窒化ガリウム系半導体レーザの作製方法を説明する。以下の説明ではＭＯＣＶＤ法（有機金属気相成長法）を用いた場合を示しているが、ＧａＮをエピタキシャル成長できる成長法であればよく、ＭＢＥ法（分子線エピタキシャル成長法）やＨＶＰＥ（ハイドライド気相成長法）等の他の気相成長法を用いることもできる。

【００２４】まず所定の成長炉内に設置された、ｃ面を表面として有する厚さ３５０μｍのサファイア基板１上に、トリメチルガリウム（ＴＭＧ）とアンモニア（NH_3）を原料に用いて、成長温度５５０℃でＧａＮバッファ層２を３５ｎｍ成長させる。

【００２５】次に成長温度を１０５０℃まで上昇させて、ＴＭＧとNH_3、及びシランガス（SiH_4）を原料に用いて、厚さ３μｍのＳｉドープｎ－ＧａＮｎ型コンタクト層３を成長する。さらに続けてトリメチルアルミニウム（ＴＭＡ）を原料に加え、成長温度は１０５０℃のままで厚さ０．７μｍのＳｉドープｎ－$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ｎ型クラッド層４を成長する。続けて、ＴＭＡの供給を止めて、成長温度は１０５０℃のままで厚さ０．０５μｍのＳｉドープｎ－ＧａＮガイド層５を成長する。

【００２６】次に、成長温度を７５０℃に下げ、ＴＭＧとNH_3、及びトリメチルインジウム（ＴＭＩ）を原料に用いて、$In_{0.2}Ga_{0.8}N$量子井戸層（厚さ５ｎｍ）、$In_{0.05}Ga_{0.95}N$障壁層（厚さ５ｎｍ）、$In_{0.2}Ga_{0.8}N$量子井戸層（厚さ５ｎｍ）を順次成長することにより多重量子井戸構造活性層（トータルの厚さ１５ｎｍ）６を作製する。さらに続けてＴＭＧとＴＭＡとNH_3を原料に用いて、成長温度は７５０℃のままで厚さ１０ｎｍの$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$蒸発防止層７を成長する。

【００２７】次に、再び成長温度を１０５０℃に上昇して、ＴＭＧとNH_3、及びビスシクロペンタジエニルマグネシウム（Cp_2Mg）を原料に用いて、厚さ０．０５μｍのＭｇドープｐ－ＧａＮガイド層８を成長する。さらに続けてＴＭＡを原料に加え、成長温度は１０５０℃のままで厚さ０．７μｍのＭｇドープｐ－$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ｐ型クラッド層９を成長する。続けて、ＴＭＡを原料から除いて、成長温度は１０５０℃のままで厚さ０．２μｍのＭｇドープｐ－ＧａＮｐ型コンタクト層１０を成長して、窒化ガリウム系半導体ウエハーを完成する。その後、この窒化ガリウム系半導体ウエハーを８００℃の窒素ガス雰囲気中でアニールして、Ｍｇドープのｐ型層を低抵抗化する。

【００２８】さらに通常のフォトリソグラフィーとドライエッチング技術を用いて、２００μｍ幅のストライプ状にｐ－ＧａＮｐ型コンタクト層１０の最表面から、ｎ－ＧａＮｎ型コンタクト層３が露出するまでエッチングを行い、メサ構造を作製する。次に、上記と同様のフォトリソグラフィーとドライエッチング技術を用いて、残ったｐ－ＧａＮｐ型コンタクト層１０の最表面に、２μｍ幅のリッジストライプを形成するようにｐ－ＧａＮｐ型コンタクト層１０、ｐ－$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ｐ型クラッド層９の一部をエッチングする。続いて、リッジストライプの側面とリッジストライプ以外のｐ型層表面に厚さ２００ｎｍのSiO_2絶縁膜１３を電流阻止層として形成する。

【００２９】さらに、このSiO_2絶縁膜１３とリッジストライプ１４の表面に、ｐ側電極のレーザ共振器に垂直な方向の幅Ｗｐ＝１５０μｍ、ｐ側電極のレーザ共振器に平行な方向の幅Ｌｐ＝３００μｍの長方形状にニッケルと金からなるｐ側電極１１を、ｐ側電極間距離Ｄｐ＝５０μｍの間隔で形成し、エッチングにより露出したｎ－ＧａＮｎ型コンタクト層３の表面にｎ側電極のレーザ共振器に垂直な方向の幅Ｗｎ＝１５０μｍ、ｎ側電極のレーザ共振器に平行な方向の幅Ｌｎ＝３００μｍの長方形状にチタンとアルミニウムからなるｎ側電極１２をｎ側電極間距離Ｄｎ＝５０μｍの間隔で形成して、窒化ガリウム系半導体ウエハーを完成する。この時の窒化ガリウム系半導体ウエハーの上面図を図２に示す。図２に示す半導体レーザ素子ウエハーでは、半導体レーザ素子を３つ並べたように配置している。

【００３０】その後、このウエハーをリッジストライプ１４と垂直な方向に半導体レーザ素子の共振器を作成するために、通常のフォトリソグラフィー法とドライエッチング法を用いてオーミック電極が形成されていない領域（間隔Ｄｐの間）をドライエッチングすることによってレーザ共振器端面を形成する。図３に、本発明の作製工程におけるドライエッチングを施す時点の上面図を示す。この時、電極と共振器端面との距離Ｌ１、Ｌ２はともに１５μｍ、ドライエッチングする領域の長さＬ３は２０μｍとする。続いて、この窒化ガリウム系半導体ウエハーを個々のレーザチップとして分割する。そして、各チップをステムにマウントし、ワイヤーボンディングにより各電極とリード端子とを接続して、窒化ガリウム系半導体レーザ素子を完成する。

【００３１】以上のようにして作製された半導体レーザ素子は、発振波長４１０ｎｍ、発振閾値電流３０ｍＡという良好なレーザ特性が得られた。また、本実施の形態の半導体レーザ素子では、オーミック電極の共振器方向の長さが半導体レーザ素子の共振器の長さより３０μｍだけ短かくすることで、電極が形成されていない領域に対応する活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するので、自励発振することも確認された。この結果、光ディスクシステム用として本実施例の窒化ガリウム系半導体レーザ素子を用いると、データの読み出しエラーを防止することができ、実用に供する窒化ガリウム系半導体レーザ素子が実現できた。

【００３２】本実施例では、サファイア基板は硬くて劈開しにくいので、共振器端面を形成するために電極が形成されていない領域をドライエッチングすることで半導体レーザ素子の共振器端面を形成している。従来技術のように共振器端面で電極を切断している場合には、電極材料がドライエッチングされにくいため、電極材料をエッチングできるエッチング条件では共振器端面が荒れて、その結果、レーザ光の反射率が低下してレーザ発振のための閾値電流が増加する問題が生じていた。本実施の形態のように、電極の形成していない部分をエッチングする場合には、上記のような問題が生じることがなく、レーザ共振器面として使用できるきれいな表面を有する共振器面が得られる。また、本実施の形態では電極を形成後にドライエッチングにより共振器面を形成したが、ドライエッチングにより共振器面を形成後に電極を形成してもよい。

【００３３】本実施の形態では、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さを３００μｍとし、レーザ共振器の長さよりも３０μｍだけ短くしたが、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが１００μｍ以上５００μｍ以下であり、レーザ共振器の長さとの違いが１μｍ以上１００μｍ以下であれば、本実施の形態と同様の効果が得られる。また、本実施の形態では共振器と電極との共振器方向の距離Ｌ１、Ｌ２を共に１５μｍとしたが、Ｌ１、Ｌ２を同じ距離にする必要はなく、少なくとの一方の共振器面から１μｍ以上電極が形成されない領域が存在すれば構わない。

【００３４】なお、本実施例では多重量子井戸構造活性層６を構成する量子井戸層と障壁層の層厚をともに５ｎｍとしたが、これらの層厚が同一である必要はなく、異なっていても構わない。また量子井戸層と障壁層の各層厚を１０ｎｍ以下とすれば、本実施例にこだわらず、他の層厚でも同等の効果が得られる。また、多重量子井戸構造活性層６の量子井戸層数は３層や４層でもよく、単一量子井戸構造活性層でも構わない。

【００３５】さらに本実施例では絶縁体であるサファイアを基板として用いたため、エッチングにより露出したｎ－ＧａＮｎ型コンタクト層３の表面にｎ側電極１２を形成しているが、ｎ型導電性を有するＧａＮ、ＳｉＣ、Ｓｉ、ＧａＡｓ等を基板に用いれば、この基板の裏面にｎ側電極１２を形成してもよい。この場合には、特に２００μｍ幅のストライプ状のメサ構造を作製する必要はなく、共振器方向のｐ側電極の長さを共振器の長さより短くなるようにすれば、ｎ側電極は裏面全面に形成されていても構わない。さらには、電流阻止層であるSiO_2絶縁膜１３は、ＳｉＮ等の他の誘電体絶縁膜やｎ型導電性や半絶縁性を有する半導体材料を用いても構わない。また、窒化物系半導体のｐ型とｎ型の構成を逆にしても構わない。

【００３６】（第２の実施例）基板として用いたサファイアの厚さを１００μｍと薄くしたこと以外は、第１の実施例と同様にして窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーをまず作製する。この時、第１の実施例と同様に図２に示されるように、Ｗｐ＝１５０μｍ、Ｌｐ＝３００μｍの長方形状にニッケルと金からなるｐ側電極１１を、Ｄｐ＝５０μｍの間隔で形成し、Ｗｎ＝１５０μｍ、Ｌｎ＝３００μｍの長方形状にチタンとアルミニウムからなるｎ側電極１２をＤｎ＝５０μｍの間隔で形成している。

【００３７】その後、このウエハーをリッジストライプ１４と垂直な方向に半導体レーザ素子の共振器を作成するために、線Ａ－Ｂに沿ってリッジストライプ１４と垂直な方向に劈開することによってレーザ共振器端面を形成する。図４に、本発明の作製工程における劈開する時点の上面図を示す。この時電極と共振器面との距離Ｌ１’、Ｌ２’は共に２５μｍ、半導体レーザ素子の共振器長Ｌ４は３５０μｍとしている。続いて、この窒化ガリウム系半導体ウエハーを個々のレーザチップとして分割する。そして、各チップをステムにマウントし、ワイヤーボンディングにより各電極とリード端子とを接続して、窒化ガリウム系半導体レーザ素子を完成する。

【００３８】以上のようにして作製された半導体レーザ素子は、発振波長４１０ｎｍ、発振閾値電流３０ｍＡという良好なレーザ特性が得られた。また、本実施の形態の半導体レーザ素子では、オーミック電極の共振器方向の長さが半導体レーザ素子の共振器の長さより５０μｍだけ短かくすることで、電極が形成されていない領域に対応する活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するので、自励発振することも確認された。この結果、光ディスクシステム用として本実施例の窒化ガリウム系半導体レーザ素子を用いると、データの読み出しエラーを防止することができ、実用に供する窒化ガリウム系半導体レーザ素子が実現できた。

【００３９】本実施例では、サファイア基板の厚さを１００μｍ以下まで薄くすることにより劈開が可能となることを利用しているが、この場合にはサファイア基板は非常に固いので劈開する部分に大きな荷重を掛けて劈開する必要がある。劈開する部分に電極を形成している場

合には、電極に大きな荷重が掛かることにより電極が変形して劈開面よりはみ出すことになる。これによって、電極が電気的に短絡を引き起こすことがあり、半導体レーザ素子の生産歩留まりが低下する。従って、電極が形成されていない部分を劈開して共振器面を作製することが好ましい。

【００４０】本実施の形態では、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さを３００μｍとし、レーザ共振器の長さよりも５０μｍだけ短くしたが、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが１００μｍ以上５００μｍ以下であり、レーザ共振器の長さとの違いが１μｍ以上１００μｍ以下であれば、本実施の形態と同様の効果が得られる。また、本実施の形態では共振器と電極との共振器方向の距離Ｌ１’、Ｌ２’を共に２５μｍとしたが、Ｌ１’、Ｌ２’を同じ距離にする必要はなく、少なくとの一方の共振器面から１μｍ以上電極が形成されない領域が存在すれば構わない。

【００４１】（第３の実施例）基板として厚さ５０μｍの絶縁性ＧａＮ基板を用いたこと以外は、第１の実施例と同様にして窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーをまず作製する。この時、第１の実施例と同様に図２に示されるように、Ｗｐ＝１５０μｍ、Ｌｐ＝３００μｍの長方形状にニッケルと金からなるｐ側電極１１を、Ｄｐ＝５０μｍの間隔で形成し、Ｗｎ＝１５０μｍ、Ｌｎ＝３００μｍの長方形状にチタンとアルミニウムからなるｎ側電極１２をＤｎ＝５０μｍの間隔で形成している。

【００４２】その後、このウエハーをリッジストライプと垂直な方向に半導体レーザ素子の共振器を作成するために、線Ｃ－Ｄに沿ってリッジストライプと垂直な方向に劈開することによってレーザ共振器端面を形成する。図５に、本発明の作製工程における劈開する時点の上面図を示す。この時電極の長さＬ５、Ｌ６は共に１５０μｍ、半導体レーザ素子の共振器長Ｌ７は３５０μｍとしているので、半導体レーザの共振器の長さと電極の共振器方向の長さの総和との差は５０μｍである。続いて、窒化ガリウム系半導体ウエハーを個々のレーザチップとして分割する。そして、各チップをステムにマウントし、ワイヤーボンディングにより各電極とリード端子とを接続して、窒化ガリウム系半導体レーザ素子を完成する。

【００４３】以上のようにして作製された半導体レーザ素子は、発振波長４１０ｎｍ、発振閾値電流３０ｍＡという良好なレーザ特性が得られた。また、本実施の形態の半導体レーザ素子では、オーミック電極の共振器方向の長さを半導体レーザ素子の共振器の長さより５０μｍだけ短かくすることで、電極が形成されていない領域に対応する活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するので、自励発振することも確認された。この結果、光ディスクシステム用として本実施例の窒化ガリウム系半導体レーザ素子を用いると、データの読み出しエラーを防止することができ、実用に供する窒化ガリウム系半導体レーザ素子が実現できた。

【００４４】尚、本実施例では、電極が形成されている領域を劈開しているが、厚さ５０μｍのＧａＮ基板の場合にはサファイア基板に比べて劈開しやすいので、大きな荷重を掛ける必要がなく、電極が形成されている領域を劈開しても電極の変形は生じず、生産歩留まりの低下は生じない。本実施例のように共振器面まで電極が形成されていると、半導体レーザ素子の内部において共振器面までレーザ光の横モードが安定することで、レーザ光の非点収差が低減されるため、レーザ光をレンズで集光した場合のスポット径が小さくできるという利点がある。但し、ＧａＮ基板でも厚さが大きくなると、劈開の際に大きな荷重を必要とするので、厚さが厚い場合には生産歩留まりを向上させるためには第２の実施例と同様に電極が形成されていない領域を劈開して共振器端面を形成することが好ましい。

【００４５】本実施の形態では、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さの総和を３００μｍとし、レーザ共振器の長さよりも５０μｍだけ短くしたが、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが１００μｍ以上５００μｍ以下であり、レーザ共振器の長さとの違いが１μｍ以上１００μｍ以下であれば、本実施の形態と同様の効果が得られる。また、本実施の形態では２つに分割されたオーミック電極の長さＬ５、Ｌ６をそれぞれ同じ１５０μｍとしたが、それぞれの長さが異なっていても構わない。更に、オーミック電極が３つに分割されている場合でも同様の効果が得られる。オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが１００μｍ以上５００μｍ以下であり、レーザ共振器の長さとの差が１μｍ以上１００μｍ以下であれば構わない。

【００４６】さらに、本実施例では絶縁性のＧａＮ基板を用いたため、ｎ側電極をエッチングにより露出させたｎ－ＧａＮｎ型コンタクト層の表面にｎ側電極を形成したが、ｎ型ＧａＮ基板を用いた場合には、ｎ側電極をｎ型ＧａＮ基板裏面側に形成してもよい。この場合にはｐ側電極を第１乃至３の実施例のいずれかに示す形状にしておけば、ｎ型ＧａＮ基板裏面全面に形成しても構わない。

【００４７】（第４の実施例）リッジストライプの側面と、リッジストライプ以外のｐ型層表面に形成する電流阻止層として、第３の実施例で用いたSiO_2絶縁膜１３の代わりに、厚さ０．５μｍのＳｉドープｎ－$Al_{0.25}Ga_{0.75}N$層１５を用いたこと以外は、電極形成工程前まで第３の実施例と同様に窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーを作製した。

【００４８】続いて、この窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーの表面に、リッジストライプ１４と垂直な方向に幅１０μｍのSiO_2絶縁膜（厚さ２００ｎｍ）

からなるストライプ２１を２９０μmの間隔で形成する。この時の窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーの上面図を図６に示す。さらに、ストライプ２１とリッジストライプ１４とＳｉドープｎ－$Al_{0.25}Ga_{0.75}N$層１５との表面にニッケルと金からなるｐ側電極２２を形成し、エッチングにより露出したｎ－ＧａＮｎ型コンタクト層にチタンとアルミニウムからなるｎ側電極２３を形成している。

【００４９】その後、このウエハーをリッジストライプ１４と垂直な方向にレーザの共振器を作製するために、線Ｅ－Ｆに沿ってリッジストライプと垂直な方向に劈開することによってレーザ共振器端面を形成する。この時の窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーの上面図を図７に示す。この時、ストライプ２１と共振器面との距離Ｌ８、Ｌ９は共に１４５μm、半導体レーザの共振器長Ｌ１０は３００μmとしている。続いて、この窒化ガリウム系半導体ウエハーを個々のレーザチップとして分割する。そして、各チップをステムにマウントし、ワイヤーボンディングにより各電極とリード端子とを接続して、窒化ガリウム系半導体レーザ素子を完成する。

【００５０】以上のようにして作製された半導体レーザ素子は、発振波長４１０nm、発振閾値電流２５mAという良好なレーザ特性が得られた。また、本実施の形態の半導体レーザ素子では、SiO_2絶縁膜からなるストライプ２１が形成されている領域ではｐ－ＧａＮｐ型コンタクト層とｐ側電極及びｎ側電極とオーミック接触していないために、この領域には電流が注入されない。すなわち、窒化ガリウム系半導体層とオーミック接触する電極の共振器方向の長さとレーザ共振器の長さとの差が１０μmだけ短くなっている。従って、ストライプ２１が形成されている領域に対応する活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するので、半導体レーザ素子は自励発振することも確認された。この結果、光ディスクシステム用として本実施例の窒化ガリウム系半導体レーザ素子を用いると、データの読み出しエラーを防止することができ、実用に供する窒化ガリウム系半導体レーザ素子が実現できた。

【００５１】本実施の形態では、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さを２９０μmとし、レーザ共振器の長さよりも１０μmだけ短くしたが、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが１００μm以上５００μm以下であり、レーザ共振器の長さとの違いが１μm以上１００μm以下であれば、本実施の形態と同様の効果が得られる。また、本実施の形態では２つに分割された電極の共振器方向の距離Ｌ８、Ｌ９を共に１４５μmとしたが、距離Ｌ８、Ｌ９を同じ距離にする必要はなく、少なくとも一方の共振器面から１μm以上１００μm以下の電極が形成されない領域が存在すれば構わない。また、レーザ共振器端面を形成するための劈開をストライプ２１で行っても構わない。

【００５２】さらに、本実施例では絶縁性のＧａＮ基板を用いたが、エッチングにより露出したｎ－ＧａＮコンタクト層の表面にｎ側電極を形成しているが、ｎ型導電性を有するＧａＮを基板に用いれば、この基板の裏面にｎ側電極を形成してもよい。このとき少なくともストライプ２１を図７に示す形状に形成すれば、ｎ側電極は基板裏面全面に形成されていても構わない。

【００５３】

【発明の効果】上述したように本発明による窒化ガリウム系半導体レーザ素子では、レーザ共振器の方向の一部の活性層において、電流が供給されない領域が形成されることになり、この電流が供給されない領域では発光が導波されて発光を吸収することになり、結果として可飽和吸収領域の役割を果たすことになり、自励発振特性を有することができた。これにより、良好なレーザ発振特性を有し、光ディスク用として使用可能な、データの読み出し時にエラーを発生しない窒化ガリウム系半導体レーザ素子が実現できた。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施例に係る半導体レーザ素子を示す斜視図である。

【図２】本発明の第１の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図３】本発明の第１の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図４】本発明の第２の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図５】本発明の第３の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図６】本発明の第４の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図７】本発明の第４の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図８】従来の半導体レーザ素子を示す斜視図である。

【図９】従来の自励発振型の窒化ガリウム系半導体レーザ素子を示す断面図である。

【符号の説明】

１　サファイア基板
２　ＧａＮバッファ層
３　ｎ－ＧａＮｎ型コンタクト層
４　ｎ－$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ｎ型クラッド層
５　ｎ－ＧａＮガイド層
６　多重量子井戸構造活性層
７　$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$蒸発防止層
８　ｐ－ＧａＮガイド層
９　ｐ－$Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ｐ型クラッド層
１０　ｐ－ＧａＮｐ型コンタクト層
１１　ｐ側電極
１２　ｎ側電極
１３　SiO_2絶縁膜

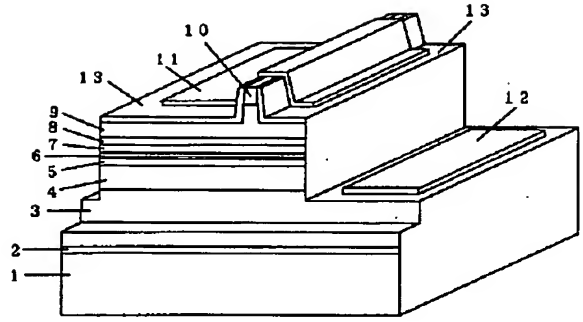
15

１４　リッジストライプ

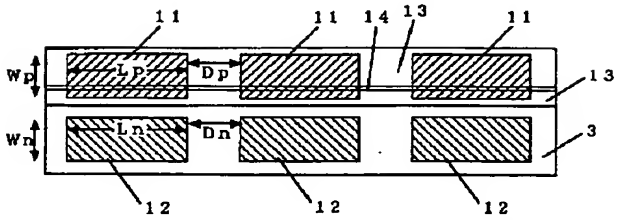
16

１５　Ｓｉドープｎ－Ａｌ$_{0.25}$Ｇａ$_{0.75}$Ｎ層

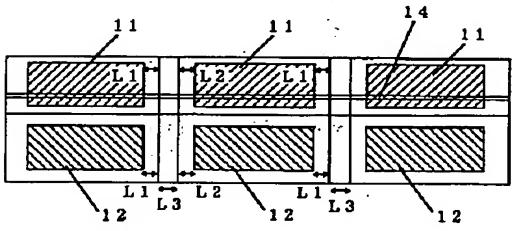
【図１】



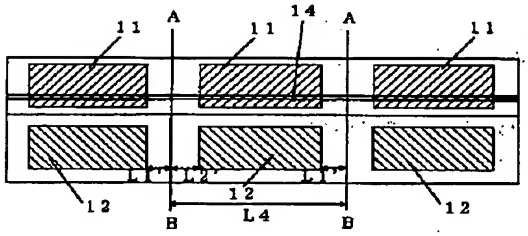
【図２】



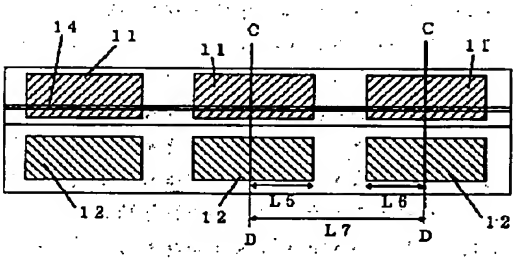
【図３】



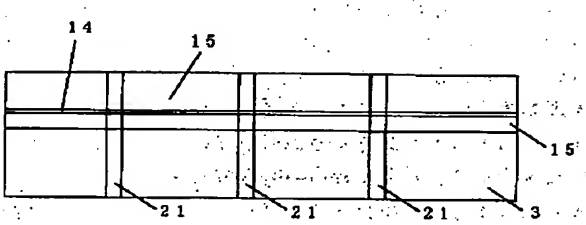
【図４】



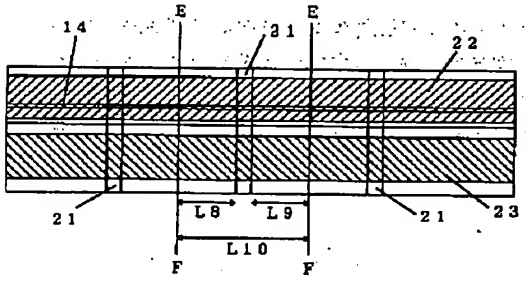
【図５】



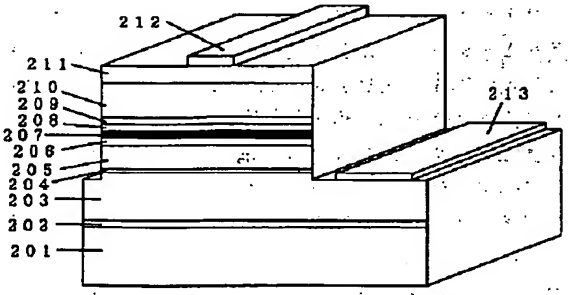
【図６】



【図７】

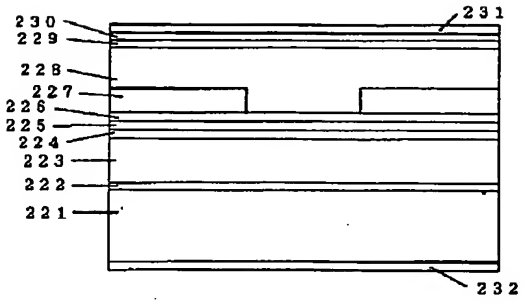


【図８】



BEST AVAILABLE COPY

【図9】



BEST AVAILABLE COPY